HUGGINS

ANALYSE SPECTRALE

DES

CORPS CÉLESTES









ANALYSE SPECTRALE

DES

CORPS CÉLESTES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS, RUE DE SEINE, 10.

ANALYSE SPECTRALE

DES

CORPS CÉLESTES,

PAR

M. WILLIAM HUGGINS, F. R. S.;

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR M. L'ABBÉ MOIGNO.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,
Successeur de Mallet-Bachelier,
Quai des Augustins, 55.

1866

PRÉFACE DE L'AUTEUR.

M. Ladd, l'habile préparateur chargé de la partie expérimentale de ma Conférence, m'a demandé de la publier illustrée de photographies semblables à celles qui furent projetées sur l'écran à la lumière électrique. J'ai acquiescé volontiers à sa demande.

Le texte a été pris dans le *Daily Gardian* de Nottingham. J'ai ajouté quelques notes au bas des pages, et j'ai donné dans un Appendice de plus amples informations sur quelques points qui n'avaient été qu'indiqués dans ma Leçon.

Je crois devoir consigner ici les titres des Mémoires dans lesquels les observations originales ont été décrites.

1. *Note sur les raies des spectres de quelques Étoiles fixes* (*Proceedings of the Royal Society*; vol. XII, p. 444).

2. *Sur les spectres de quelques Éléments chimiques* (*Philosophical Transactions;* 1864, p. 13-160).

3. *Sur les spectres de quelques Étoiles fixes* (*Philosophical Transactions;* 1864, p. 413-435).

4. *Sur les spectres de quelques Nébuleuses* (*Philosophical Transactions;* 1864, p. 437-444).

5. *Sur le spectre de la grande Nébuleuse dans la poignée de l'épée d'Orion* (*Proceedings of the Royal Society;* vol. XIV, p. 39).

6. *Sur la disparition du spectre de ε des Poissons dans l'occultation du 4 janvier* 1865 (*Monthly Notices, Royal Astronomical Society;* vol. XXV, p. 60).

7. *Sur le spectre de la Comète I de* 1866 (*Proceedings of the Royal Society*, p. 5).

8. *Note sur le spectre de l'étoile variable α d'Orion* (*Monthly Notices, Royal Astronomical Society;* vol. XXVI, p. 255).

9. *Sur le spectre d'une nouvelle étoile dans la Couronne boréale* (*Proceedings of the Royal Society;* vol. XV, p. 146).

10. *Nouvelles observations des spectres de quelques nébuleuses; avec une méthode pour la détermination de l'éclat de ces corps* (*Philosophical Transactions;* 1866, p. 381-397).

Nota. — Dans tous les spectres de la brochure l'extrémité rouge est à droite, l'extrémité violette est à gauche.

PRÉFACE DU TRADUCTEUR.

J'assistais à la brillante leçon de Nottingham, et je fus aussi vivement frappé de la clarté de l'exposé fait par le savant Astronome, que de la reproduction optique des phénomènes. Je résolus aussitôt de traduire son excellente Leçon et de répéter à Paris ses brillantes expériences. J'ai déjà rempli, je remplis mieux encore aujourd'hui la première partie de mon programme; la seconde ne se fera pas longtemps attendre. M. Ladd m'a cédé deux collections des précieuses photographies et des tableaux transparents qu'il projetait avec tant d'habileté; et je suis prêt aujourd'hui à donner à mes auditeurs le bienfait d'une initiation complète aux plus mystérieux phénomènes de la nature. Il m'a paru impossible d'introduire des positifs photographiques dans le texte de la brochure, je les ai remplacés par des gravures confiées à nos artistes les plus éminents. Tous les clichés sont des produits du nouveau procédé électrotypique de M. Coblence, si parfait et si riche d'avenir.

F. MOIGNO.

ANALYSE SPECTRALE

DES

CORPS CÉLESTES.

Une invention ou découverte importante reste rarement isolée et stérile. Elle donne presque toujours naissance à d'autres découvertes. C'est ainsi que le télescope et le microscope ont conduit, dans le domaine de l'astronomie, de l'anatomie et de la physiologie des petits êtres, à des découvertes remarquables qui n'auraient pas été possibles sans ces précieux instruments. De même cette observation, qu'un corps magnétique, libre de se mouvoir, se dispose nord et sud, a contribué immensément à l'extension du commerce et des découvertes géographiques, et a été le fondement de la science importante du magnétisme terrestre.

Nous allons exposer dans cette Leçon les additions qu'a permis d'apporter à nos connaissances astronomiques actuelles une découverte relativement récente. Les recherches de M. Kirchhoff ont placé dans les mains des astronomes un mode d'examen spécialement approprié à l'étude des corps célestes. Les résultats de l'application de l'analyse spectrale aux astres ont été si importants et si inattendus, qu'on peut dire de cette mé-

thode d'observation qu'elle a fait naître une branche nouvelle et distincte de la science astronomique.

L'*Astronomie physique*, ce monument impérissable qui s'élève chaque jour davantage à la mémoire de Newton, peut se définir l'extension aux cieux des lois de la dynamique terrestre. Elle cherche à expliquer le mouvement des corps célestes dans la supposition de l'universalité d'une force attractive semblable à celle que nous voyons s'exercer à la surface de la Terre.

La nouvelle branche de la science astronomique, dont on peut dire qu'elle est née de l'analyse spectrale, a pour objet d'étendre les lois de la physique terrestre aux autres phénomènes des corps célestes, et elle repose sur ce fait nouvellement établi que des matières de nature identique à celles de la Terre et sujettes aux mêmes lois existent dans l'univers stellaire tout entier.

L'importance toute spéciale en astronomie de la découverte de M. Kirchhoff devient évidente, si nous considérons notre position relativement aux corps célestes. La gravitation et les lois qui régissent notre être ne nous permettent pas de quitter la Terre, et c'est par conséquent par l'étude de la *seule lumière* que nous pouvons acquérir quelques notions sur la grande armée des corps célestes qui nous entourent et circulent au sein des espaces cosmiques. La lumière du ciel étoilé est la seule carte de l'univers dont nous puissions disposer, et, dans cet océan lumineux, chaque point brillant est le signe d'une activité mmensément vaste, mais aussi éminemment lointaine.

Jusqu'ici la lumière des corps célestes, même condensée au foyer des plus puissants télescopes, ne nous avait apporté que de très-maigres informations. C'est à peine si dans quelques cas elle nous apprenait leur forme, leurs dimensions et leurs couleurs. La découverte de M. Kirchhoff nous met à même d'interpréter les symboles et les indications qui, latentes dans la lumière elle-même, devaient nous fournir des données exactes sur la condition chimique, et même, jusqu'à un certain point,

sur la condition physique des corps excessivement éloignés dont la lumière est émanée.

Nous sommes redevables à Newton de la connaissance de ce fait, que les belles couleurs de l'arc-en-ciel sont les composantes communes et nécessaires de la lumière ordinaire. Il découvrit que lorsqu'on fait passer de la lumière blanche à travers un prisme de verre, elle se décompose dans les belles teintes que nous présente l'arc-en-ciel. Ces couleurs, lorsqu'elles sont séparées et étalées, forment le *spectre lumineux*. Supposons que cette plaque blanche représente une section transversale d'un faisceau de lumière blanche qui passe devant nos yeux. Interposons un prisme sur le trajet de ce faisceau : le faisceau de lumière n'est pas seulement dévié dans sa totalité; les rayons colorés qui la composent sont déviés différemment, et déviés chacun proportionnellement à la rapidité de sa vibration. Une conséquence évidente de ces déviations inégales est qu'à leur émergence du prisme, les rayons colorés qui constituent la lumière blanche se sépareront les uns des autres, et qu'au lieu de la lumière blanche entrée dans le prisme, nous aurons *son spectre*, c'est-à-dire *les lumières colorées qui la composaient à l'état de séparation les unes des autres.*

Wollaston et Fraunhofer découvrirent que lorsque la lumière du Soleil est décomposée par un prisme, les couleurs de l'arc-en-ciel qui forment le spectre ne sont pas continues, mais interrompues par un nombre considérable de raies obscures. Ces raies obscures sont des symboles qui indiquent la composition chimique du Soleil.

Plus récemment, dans l'année 1859, M. Kirchhoff nous a révélé la véritable nature de ces raies. Il a lui-même appliqué immédiatement sa méthode à l'interprétation des raies sombres du spectre solaire, et sa récompense a été la découverte de ce fait capital, que plusieurs des éléments chimiques

existant sur la Terre sont présents dans l'atmosphère solaire (1).

J'ai l'intention ce soir d'exposer les résultats de cette méthode d'analyse appliquée aux corps célestes autres que le Soleil. Ces recherches ont été suivies dans mon observatoire pendant quatre années. Pour une large part de ces investigations, celles qui concernent la Lune, les planètes et les étoiles fixes, j'ai eu le grand bonheur d'avoir pour collaborateur un chimiste et physicien très-distingué, M. le docteur W. Allen Miller. Avant d'énumérer les résultats de nos observations, je rappellerai en peu de mots les principes de l'analyse spectrale qui servent de base à l'interprétation des phénomènes que nous avons observés, et aussi la méthode d'observation que nous avons suivie. (*Voyez* Note A de l'*Appendice*.)

SPECTRES DE DIVERS ORDRES.

Lorsque la lumière émanée de différentes sources est décomposée par le prisme, les spectres obtenus peuvent différer les uns des autres sous plusieurs rapports importants; mais tous les spectres que l'on peut rencontrer se partagent convenablement en trois ordres. Le tableau mis sous vos yeux vous montre un *spectre* de chacun de ces trois ordres.

1. Le caractère particulier qui distingue le spectre du *premier* ordre consiste dans ce fait, que la continuité de ses bandes colorées n'est interrompue par aucune raie sombre ou brillante. Projetons un spectre de cet ordre sur l'écran, à l'aide de la lampe électrique. Il nous apprend que la lumière qui lui donne

(1) Les éléments qui paraissent exister dans l'atmosphère solaire sont : hydrogène, sodium, magnésium, fer, calcium, nickel, chrome, cuivre, zinc, baryum, et probablement strontium, cobalt et cadmium.

naissance est émise par un corps opaque, et il est presque certain que ce corps est à l'état solide ou liquide. (*Voyez* Note A *bis* de l'*Appendice*.) Un spectre de cet ordre ne nous révèle pas la nature chimique du corps incandescent d'où la lumière est sortie. Dans le cas actuel, cette lumière est émise par les pointes chauffées au blanc des charbons de la lampe électrique. Un spectre en tous points semblable serait donné par la lumière du fer, de la chaux, de la magnésie, à l'état incandescent.

2. Les spectres du *second* ordre sont très-différents : ils sont formés de raies de lumière colorée séparées les unes des autres. Nous pouvons beaucoup apprendre par l'étude de ce spectre. Il nous informe que la matière brillante qui émet la lumière est à l'*état de gaz*. C'est seulement lorsqu'un corps lumineux est libre des entraves moléculaires de la solidité ou de la liquidité, qu'il peut manifester le pouvoir spécial propre qu'il possède de faire rayonner un nombre fini seulement de rayons colorés. De là résulte que les substances *amenées à l'état de gaz* peuvent se distinguer l'une de l'autre par leur spectre. Chaque élément, et chaque corps composé devenu lumineux, sans décomposition, à l'état gazeux, se distingue par un groupe de raies qui lui sont propres. Les raies vertes que vous voyez sur l'écran sont produites par l'argent à l'état de gaz, et par l'argent gazeux seul. Il est évident que si nous connaissions les groupes de raies caractéristiques des différentes substances terrestres, la comparaison de leurs spectres types avec le spectre de la lumière émanée d'une source inconnue nous dirait si quelqu'une des substances terrestres existe dans la source lumineuse.

3. Le *troisième* ordre comprend les spectres des corps solides ou liquides incandescents, dans lesquels la continuité des bandes colorées est interrompue par des raies sombres. Ces raies sombres ne sont pas produites par la source de lumière. Elles nous annoncent l'existence de vapeurs à travers lesquelles la lumière

a passé dans son parcours, et qui l'ont dépouillée ou appauvrie par l'absorption de certaines couleurs définies ou de vitesses de vibrations déterminées; de semblables spectres sont fournis par la lumière du Soleil et des étoiles.

M. Kirchhoff a montré d'abord que si des vapeurs de substances terrestres viennent se placer entre l'œil et le corps incandescent, elles font naître des groupes de raies sombres; puis, que le *groupe de raies sombres* produit par chaque vapeur est identique en nombre et en position dans le spectre avec le groupe de raies brillantes dont se compose sa lumière, lorsque la vapeur est devenue lumineuse.

Projetons sur l'écran le spectre des pointes de charbon incandescentes et contenant du sodium; vous verrez, en addition au spectre continu du carbone incandescent, une bande jaune brillante caractéristique du sodium. On introduit maintenant dans la lampe un morceau de sodium métallique. Le sodium est vaporisé par la chaleur, et remplit la lampe de sa vapeur. Cette vapeur absorbe, éteint la lumière qu'elle émet quand elle est lumineuse. On voit se produire ainsi une ligne noire à la place exacte où se trouvait la ligne jaune brillante.

Il est évident que M. Kirchhoff par cette découverte nous a fourni le moyen d'interpréter les raies sombres du spectre solaire. Pour y parvenir, il est nécessaire de comparer les raies brillantes des spectres de la lumière des substances terrestres à l'*état de gaz* avec les raies sombres du spectre solaire. Lorsqu'un groupe de raies brillantes coïncide avec un groupe semblable de raies sombres, nous apprenons que la substance terrestre qui produit ce groupe de raies brillantes est présente dans l'atmosphère du Soleil. Car c'est cette substance, et cette substance seule, qui, par son pouvoir propre d'absorption, peut produire ce groupe particulier de raies sombres. De cette manière, M. Kirchhoff a découvert la présence dans l'atmosphère solaire de plusieurs éléments terrestres.

MÉTHODES D'OBSERVATION.

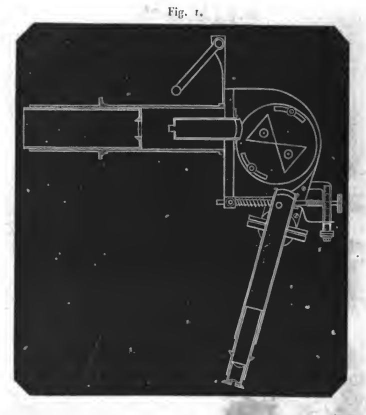
Je passe maintenant aux méthodes spéciales d'observation, à l'aide desquelles nous avons appliqué aux corps célestes les principes de l'analyse spectrale. Je dirai d'abord que diverses circonstances s'unissent pour rendre ces observations difficiles et très-fatigantes. Dans nos climats, il est d'abord très-peu de nuits, même de celles dans lesquelles les étoiles vues à l'œil nu semblent très-brillantes, où l'air soit assez calme pour rendre possibles ces observations si délicates. En outre, la lumière des étoiles est faible. On échappe dans une certaine mesure à cette difficulté par l'emploi d'une grande lunette. La lumière de l'étoile reçue par un objectif de huit pouces d'ouverture est recueillie et concentrée au foyer sous forme de point délié et brillant.

Un autre inconvénient résulte du mouvement apparent de l'étoile causé par la rotation de la Terre, qui emporte l'astronome avec ses instruments. On neutralise ce déplacement par le mouvement qu'une horloge imprime en sens opposé à la lunette. Dans la pratique, cependant, il n'est pas aisé de maintenir exactement, pour un temps même assez petit, l'image de l'étoile entre les bords d'une fente de $\frac{1}{300}$ de pouce de largeur. A force cependant de persévérance patiente, toutes ces difficultés ont été surmontées, et l'on est parvenu à des résultats satisfaisants. Nous étions convaincu que l'exactitude de ces résultats dépendrait surtout de la comparaison directe et simultanée des spectres terrestres avec les spectres des objets célestes. Et pour y parvenir nous avons combiné l'appareil représenté par le dessin mis sous vos yeux.

L'instrument représenté *fig.* 1 en coupe verticale, *fig.* 1 *bis* en coupe horizontale, est fixé par le tube extérieur à l'oculaire

de la lunette, et il est entraîné avec lui par le mouvement d'horlogerie. Un second tube muni d'une lentille cylindrique glisse

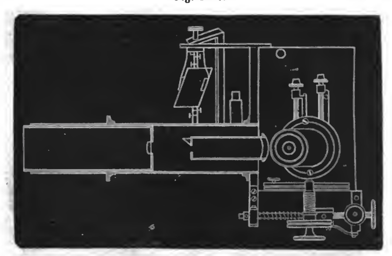
Fig. 1.



dans le tube extérieur. Cette lentille a pour but d'allonger le point rond de l'image de l'étoile en une courte ligne de lumière, que l'on fait tomber exactement entre les bords ou joues d'une fente presque fermée. Derrière la fente, et à une distance égale à sa longueur focale, se trouve une lentille convexe achromatique qui rend parallèle le faisceau de lumière émergeant de a fente. Ce faisceau de lumière traverse ensuite deux prismes de flint-glass lourd. On regarde le spectre qui résulte de la dé-

composition de la lumière par ces prismes avec une petite lunette achromatique. Cette lunette est munie d'une vis micromé-

Fig. 1 *bis*.



trique qui sert à mesurer les écartements des raies des spectres. (*Voyez* Note B.)

La lumière des substances terrestres qu'il s'agit de comparer aux spectres des étoiles est introduite dans l'instrument de la manière suivante. On fixe sur l'une des moitiés de la fente un petit prisme qui reçoit la lumière réfléchie sur lui par un miroir mobile porté par le tube; ce miroir fait face à un collier en caoutchouc durci muni d'une pince contenant les fragments de métaux employés. Ces métaux sont rendus lumineux à l'état de gaz ou de vapeur par la chaleur intense de l'étincelle d'une puissante bobine d'induction. La lumière de l'étincelle, renvoyée dans l'instrument par le miroir et le petit prisme, traverse les prismes de flint en même temps que la lumière de l'étoile. Dans la petite lunette les deux spectres sont vus en juxtaposition, de telle sorte que l'on puisse déterminer exactement

les coïncidences ou les positions relatives des raies brillantes du spectre de l'étincelle et des raies sombres du spectre de l'étoile.

LUNE ET PLANÈTES.

Je passe maintenant aux résultats des observations. J'énoncerai en peu de mots ce qui concerne la Lune et les planètes. Ces astres, différant en cela des étoiles et des nébuleuses, ne sont pas des sources de lumière *propre*. Puisqu'ils brillent par la lumière réfléchie du Soleil, leurs spectres doivent ressembler au spectre solaire, et les seules indications de ces spectres qui puissent devenir pour nous une source de connaissances se bornent à quelques modifications que la lumière solaire peut avoir subies, soit par son passage à travers les atmosphères des planètes, soit par la réflexion à leur surface.

Lune. — Sur la Lune les résultats de nos observations ont été purement négatifs. Les spectres des diverses parties de sa surface, examinés sous différentes conditions d'illumination, n'ont donné aucune indication d'atmosphère lunaire. (*Voyez* Note C.) J'ai aussi surveillé le spectre d'une étoile au moment où le bord obscur de la Lune s'avançait vers elle et finissait par l'occulter, sans avoir pu saisir aucun signe d'atmosphère lunaire. (*Voyez* Note D.)

Jupiter. — On voit dans le spectre de Jupiter des raies qui indiquent l'existence autour de cette planète d'une atmosphère absorbante. Dans le dessin, ces raies sont figurées telles qu'elles se montraient vues simultanément avec le spectre du firmament, qui, au moment de l'observation, réfléchissait la lumière du Soleil couchant. Une bande foncée correspond à quelques raies atmosphériques terrestres, et indique probablement la présence de vapeurs semblables à celle de l'atmosphère de la Terre. (*Voyez*

Note E.) Une autre bande n'a pas sa correspondante parmi les raies d'absorption de notre atmosphère, et nous signale la présence de quelque gaz ou vapeur qui n'existe pas dans l'atmosphère de la Terre.

Saturne. — Le spectre de Saturne est faible; on y découvre cependant quelques raies semblables à celles qui distinguent le spectre de Jupiter. Ces raies sont moins fortement indiquées dans la lumière des anses des anneaux, et nous montrent ainsi que le pouvoir absorbant de l'atmosphère autour des anneaux est plus faible que celui de l'atmosphère qui entoure le globe de la planète. Un savant français, M. Janssen, a trouvé tout récemment que plusieurs des raies atmosphériques sont produites par la vapeur d'eau. (*Voyez* Note F.) Il est vraisemblable que cette vapeur aqueuse existe dans les atmosphères de Jupiter et de Saturne.

Mars. — Dans une occasion, on a vu quelques groupes remarquables de raies dans la partie la plus réfrangible du spectre de Mars. Elles peuvent être en rapport avec la couleur rouge qui distingue cette planète.

Vénus. — Quoique le spectre de Vénus soit brillant, et que l'on y voie très-bien les raies de Fraunhofer, on n'a pu y découvrir aucune raie additionnelle qui révèle la présence d'une atmosphère. L'absence de ces raies peut être due à cette circonstance que la lumière est probablement réfléchie non par la surface de la planète, mais par des nuages situés à une certaine hauteur au-dessus de cette surface. La lumière qui nous parviendrait ainsi par réflexion sur les nuages n'aurait pas été exposée à l'action absorbante des couches plus denses de l'atmosphère de la planète.

ÉTOILES FIXES.

Les étoiles fixes, quoique immensément plus éloignées et moins remarquables par leur éclat que la Lune et les planètes, nous fournissent cependant, parce qu'elles sont des *sources de lumière propre*, des indications plus complètes de leur nature intime. Les étoiles ont été pour tous les âges antérieurs une beauté à la fois et un mystère. Les plus grands penseurs de l'humanité se sont plu à répéter avec les enfants le sentiment exprimé dans ces lignes populaires :

Twinkle, twinkle, pretty star,
How I wonder what you are!

« Scintillez, scintillez, charmantes étoiles! Combien je suis confondu d'admiration quand je me demande ce que vous êtes ! »

On avait fait appel aux télescopes et aux lunettes; mais en vain, car, dans les plus grands instruments, les étoiles restent sans disque, à l'état de simples points brillants.

Les étoiles ont été considérées comme de vrais soleils, entourés chacun d'une famille de planètes qui en dépendent. *Cette opinion n'avait pour fondement qu'une analogie possible;* elle restait à l'état d'hypothèse. Nous n'avions acquis, par l'*observation*, aucune connaissance de la véritable nature de ces points lointains de lumière. Ces indications si longtemps et si ardemment désirées nous ont été enfin fournies par l'analyse spectrale. Nous sommes aujourd'hui en état de lire dans la lumière de chaque étoile quelques indices de sa vraie nature. Puisque nous n'avons pas le pouvoir magique de convertir ce théâtre en observatoire et de vous montrer ainsi les spectres eux-mêmes des étoiles, j'ai dû faire provision de dessins faits très-exactement et reproduits par la photographie sur des verres

transparents. On va projeter ces photographies sur l'écran à l'aide de la lampe électrique. Je choisis d'abord les spectres de

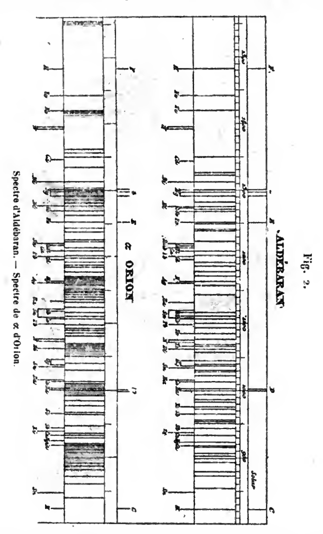


Fig. 2.

Spectre d'Aldébaran. — Spectre de α d'Orion.

deux étoiles brillantes que nous avons examinés avec le plus grand soin : l'image la plus élevée représente le spectre d'Aldé-

baran, α du Taureau; l'image inférieure, le spectre de Bételgeuze, α d'Orion.

Les positions de toutes ces raies sombres, environ quatre-vingts dans chaque spectre, ont été déterminées par des mesures précises et plusieurs fois répétées. Les lignes mesurées ne sont qu'une petite fraction des innombrables raies fines que l'on découvre dans les spectres de ces étoiles.

Au-dessous du spectre de chaque étoile, on a représenté les raies brillantes des métaux avec lesquels on les a comparés. Ces spectres terrestres apparaissent dans l'instrument tels que vous les voyez sur l'écran, en *juxtaposition* avec les raies du spectre de l'étoile. Grâce à cet arrangement, il devient possible de reconnaître avec une grande exactitude si ces raies brillantes coïncident ou ne coïncident pas exactement avec les raies sombres de l'étoile. Vous voyez, par exemple, que cette double raie serrée, caractéristique du sodium, coïncide trait pour trait avec une des raies sombres également doubles de l'étoile. La vapeur du sodium est présente dans l'atmosphère de l'étoile; le sodium est, par conséquent, un des éléments composants de ce monde si brillant et si lointain.

Ces trois raies dans le vert ne sont produites, autant que nous le savons actuellement, que par la vapeur lumineuse du magnésium seul. Or, ces raies coïncident exactement en position, trait pour trait, avec trois raies sombres de l'étoile; on est donc autorisé à conclure que le magnésium est un autre principe constituant de l'étoile.

De même les deux raies intenses particulières à l'élément *hydrogène*, dont l'une a sa place dans la partie rouge du spectre, l'autre vers la limite entre le bleu et le vert, correspondent toutes deux aux raies sombres d'absorption du spectre de l'étoile. L'hydrogène, par conséquent, est présent dans l'étoile.

On reconnaît de la même manière que d'autres éléments, et

parmi eux le bismuth, l'antimoine, le tellure et le mercure, font partie de l'étoile.

Et qu'on le remarque bien : pour ces divers éléments, la certitude de leur présence ne repose pas seulement sur la coïncidence d'*une* raie, ce serait un trop faible argument, mais sur la coïncidence d'un groupe de deux, trois ou quatre raies, situées dans diverses régions du spectre. On trouverait sans doute que d'autres raies brillantes et sombres se correspondent également, mais la faiblesse de la lumière de l'étoile force à n'établir la comparaison que pour les raies les plus fortes de chaque corps simple ou élément.

Quels éléments représentent les nombreuses autres raies de l'étoile? Quelques-unes sont probablement dues aux vapeurs d'autres *éléments terrestres* que nous n'avons pas encore comparés avec l'étoile. Mais pourquoi quelques-unes de ces raies ne seraient-elles pas l'indice de formes primitives, de matières inconnues à la Terre ? Des éléments nouveaux pour nous peuvent avoir formé là-bas des séries importantes de composés, qui placeraient ces systèmes si reculés dans des conditions spéciales d'existence physique.

Les spectres des substances terrestres ont été comparés de la même manière avec plusieurs autres étoiles. Les résultats de ces comparaisons sont donnés dans les tableaux mis sous vos yeux. (*Voyez* Note G.)

Sur quinze éléments terrestres, cinq ou six existent dans Bételgeuze, les neuf ou dix autres semblent en être exclus.

β de Pégase contient du sodium, du magnésium et probablement du baryum.

α de la Lyre, *Véga*, contient du sodium, du magnésium et du fer.

α du Petit Chien, *Sirius*, contient du sodium, du magnesium, du fer et de l'hydrogène.

β des Gémeaux, *Pollux*, contient du sodium, du magnésium et du fer.

Nous avons examiné plus de soixante autres étoiles : toutes semblent posséder quelques-uns des éléments communs au Soleil et à la Terre; mais probablement que dans chaque étoile le groupement des éléments caractéristiques est spécial et unique.

Un petit nombre d'étoiles, cependant, se séparent du reste, et semblent caractérisées par des particularités très-significatives. Les types de ces étoiles sont Bételgeuze et β de Pégase. Le mode général de groupement des raies d'absorption de ces étoiles est tout particulier. Ce qu'il y a remarquable et d'exceptionnel dans ces deux spectres est l'absence des deux lignes caractéristiques de l'hydrogène, une dans le rouge, l'autre dans le vert. Ces raies correspondent aux raies C et F de Fraunhofer. L'absence de ces raies C et F dans plusieurs étoiles prouve qu'elles ne sont pas dues à la vapeur aqueuse de l'atmosphère.

Je me hasarde à peine à émettre l'idée que les planètes qui peuvent circuler autour de ces soleils leur ressemblent très-probablement et ne possèdent pas comme elles un élément important, l'hydrogène. A quelles formes de la vie de semblables planètes peuvent-elles convenir? Mondes sans eau! il faudrait la puissante imagination du Dante pour arriver à peupler de semblables planètes de créatures vivantes.

Il est digne de considération que, à part ces quelques exceptions, ceux des éléments terrestres qui sont le plus largement répandus dans la vaste armée des étoiles sont précisément ceux qui sont essentiels à la vie telle qu'elle existe sur la Terre, à savoir : l'hydrogène, le sodium, le magnésium et le fer. L'hydrogène, le sodium et le magnésium représentent en outre l'Océan, qui est une partie essentielle d'un monde constitué comme l'est la Terre.

Ces observations nous apprennent que les étoiles, au moins les plus *brillantes* parmi elles, ressemblent au Soleil, quant au plan général de leur constitution; leur lumière, comme celle du Soleil, émane d'une matière chauffée au blanc intense, et tra-

verse une atmosphère de vapeurs absorbantes. Mais avec cette unité de plan général de structure, il existe entre les étoiles individuelles une très-grande diversité de composition. Chaque étoile diffère des autres étoiles par sa constitution chimique. Ne devons-nous pas croire que les particularités individuelles de chaque astre sont en relation nécessaire avec le but spécial auquel il est destiné et avec les êtres vivants qui peuvent peupler les mondes planétaires dont il est très-probablement entouré ?

Une fois en possession de ces données sur la *véritable nature* des étoiles, nous avons dirigé notre attention sur les phénomènes spécialement propres à quelques-unes d'entre elles.

COULEURS DES ÉTOILES.

Lorsque l'air est très-clair, surtout dans les climats du Sud, les étoiles scintillantes ne font pas toutes l'effet de diamants incolores : çà et là l'œil découvre des *pierres précieuses, richement colorées,* qui contrastent agréablement entre elles. La lumière des étoiles qui sont brillantes à l'œil nu est toujours colorée par une légère teinte de rouge, d'orangé ou de jaune. Et lorsqu'on observe avec une lunette, on découvre, tout près de ces étoiles rouges ou orangées, et en communauté avec elles, des étoiles plus fines dont la couleur est bleue, verte ou pourpre.

Cela posé, il nous semblait très-probable que la cause de la différence de couleur entre les étoiles devait se manifester dans leur spectre. Puisque, comme nous l'avons démontré, la source de la lumière des étoiles est une matière solide ou liquide incandescente, il nous semble très-probable qu'à l'instant de son émission la lumière de toutes les étoiles est également blanche. Les couleurs dont elles se trouvent nuancées doivent donc avoir pour cause quelques modifications subies par la lumière après son émission.

Il est évident en outre que si les raies sombres d'absorption sont plus nombreuses ou plus fortes dans quelque région du spectre, la couleur propre de ces régions diminuera d'intensité relativement à la couleur des régions où il ne se montre que peu de raies obscures. Ces dernières couleurs restées intenses prédomineront donc et donneront à la lumière originairement blanche leur teinte ou nuance propre. Ces suppositions ont été confirmées par l'observation.

Nous projetons sur l'écran le spectre de *Sirius* (*fig.* 3), que

Fig. 3.



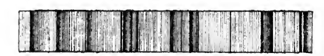
Spectre de Sirius.

l'on peut prendre pour *type des étoiles dont la lumière est blanche.* Comme on devait s'y attendre, les spectres de ces étoiles sont remarquables par l'absence de groupes intenses de raies d'absorption. Les raies sombres, quoique présentes en grand nombre, sont toutes, à une exception près, très-déliées, très-fines et trop faibles pour modifier la blancheur primitive de la lumière. L'exception *unique* consiste dans quatre raies simples très-fortes : l'une correspond à la raie C de Fraunhofer, l'autre à la raie F ; la troisième est très-près de G. Deux de ces raies indiquent certainement la présence de l'hydrogène. Cette particularité, que l'on rencontre invariablement dans les étoiles incolores, fait naître des réflexions et invite aux conjectures. Ne serait-elle pas l'indice d'une température excessive ?

Examinons maintenant le spectre d'une étoile orangée. Le dessin (*fig.* 4) représente le spectre de la plus brillante des deux étoiles qui composent l'étoile double α d'Hercule. Dans le spectre de cette étoile, les régions vertes et bleues, et aussi la région rouge, sont affaiblies par des groupes intenses de raies sombres,

tandis que l'orangé et le jaune ont conservé à peu près leur intensité primitive, et dominent par conséquent dans la lumière de l'étoile.

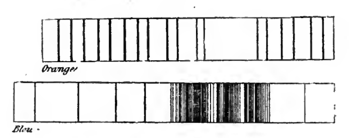
Fig. 4.



Spectre de α d'Hercule.

La question à laquelle il faut maintenant répondre est celle-ci les étoiles télescopiques très-faibles qui se montrent bleues, vertes ou pourpres, que l'on ne rencontre jamais isolées dans le ciel, que l'on aperçoit toujours sous le patronage d'une forte étoile rouge ou orangée, donnent-elles des spectres conformes à la théorie? Avec quelques petites difficultés, et en nous aidant d'une disposition spéciale de l'appareil spectral, nous avons réussi à observer les spectres des composantes de quelques étoiles doubles. Nous allons projeter sur l'écran les images de l'étoile double bien connue β du Cygne. Dans une grande lunette, les couleurs de ces deux étoiles contrastent

Fig. 5.



Spectre des composantes de l'étoile β du Cygne.

très-agréablement, comme elles le font sur l'écran. Voici maintenant leurs spectres (*fig.* 5). Le spectre supérieur est ce-

lui de l'étoile orangée ; le spectre inférieur est celui de son faible mais gentil compagnon bleu. Pour l'étoile orangée, vous remarquez que les raies sombres sont plus intenses et groupées plus serrées dans les régions bleues et violettes du spectre ; la couleur orangée, relativement moins sillonnée par ces raies, est par conséquent prédominante. Pour le compagnon délicatement teinté en bleu, les groupes les plus foncés de raies sombres se trouvent dans le jaune, l'orangé et une partie du rouge. Et dans l'arrangement de ces groupes de raies nous trouvons la raison suffisante de la prédominance des autres couleurs du spectre, qui s'unissent pour donner à l'œil la sensation de la teinte bleue ou pourpre de la lumière de cette étoile.

Il est donc vrai que les couleurs des étoiles sont produites par les vapeurs suspendues dans leur atmosphère. La constitution chimique de l'atmosphère d'une étoile dépend, à son tour, des éléments qui constituent l'étoile et de sa température.

ÉTOILES VARIABLES.

On a trouvé que l'éclat de plusieurs étoiles était variable. D'une nuit à l'autre, d'un mois à l'autre, d'une saison à l'autre, on constate que leur lumière subit des changements incessants, que tantôt elle augmente et tantôt diminue. L'étude attentive de ces étoiles variables, faite par de nombreux observateurs, a prouvé que ces changements continus ne se font pas d'une manière incertaine ou irrégulière. Le plus grand nombre de ces objets célestes si remarquables oscille, croît et décroît suivant une loi fixe de variation périodique particulière à chacun d'eux.

Nous cherchons depuis un certain temps à éclairer de quelque lumière cet étrange phénomène, par l'observation du spectre des étoiles variables.

S'il est vrai que dans plusieurs cas la variation périodique d'éclat se rattache à quelque *changement physique* survenu dans l'étoile, le prisme nous donnera à cet égard des renseignements utiles. De même, si la diminution de l'étoile a pour cause l'interposition d'un corps opaque, et s'il arrive que le corps opaque soit entouré d'une atmosphère, sa présence pourra nous être révélée, par quelques raies additionnelles d'absorption, dans le spectre de l'étoile observée à son minimum. Nous croyons avoir déjà constaté un changement de ce genre dans le spectre d'une étoile variable.

Béteigeuze est variable, mais à un degré modéré. Or, lorsque cette étoile était à son maximum d'éclat, en février dernier, nous n'avons pas retrouvé un groupe de raies dont nous avions déterminé la position exacte avec le plus grand soin deux ans auparavant.

Nous avons observé les spectres de plusieurs étoiles variables à différentes phases de leurs variations périodiques; mais nos résultats ne sont pas encore complets.

Il est digne de remarque que les étoiles variables dont la couleur est rose ou orangée donnent des spectres analogues à ceux de Béteigeuze et de Pégase.

Comme exemple de ce groupe d'étoiles variables, nous proje-


Fig. 6.



Spectre de l'étoile variable μ de Céphée.

tons sur l'écran l'image du spectre de μ de Céphée à son minimum (*fig.* 6).

ÉTOILES TEMPORAIRES.

L'opinion actuellement reçue associe aux étoiles variables les phénomènes remarquables des soi-disant *étoiles nouvelles*, qui quelquefois, et à de longs intervalles, sont apparues subitement dans le ciel. Jamais, dans aucun cas, une étoile brillante n'est venue s'ajouter au firmament d'une manière permanente. La splendeur de ces objets célestes a toujours été simplement temporaire, quoiqu'on ne sache pas encore si elles meurent, si elles s'éteignent entièrement, ou si elles continuent d'exister à l'état d'étoiles extrêmement petites. Deux étoiles temporaires modernes, celle vue par M. Hind en 1845, et l'étoile brillante récemment observée dans la Couronne, après s'être dépouillées de leur gloire temporaire, sont redevenues des étoiles de dixième et de onzième grandeur.

Les anciennes théories relatives à ces objets étranges doivent être rejetées. Nous ne saurions croire avec Tycho-Brahé que des astres aussi éphémères soient de *nouvelles créations*, ni avec Riccioli qu'ils sont brillants d'un côté seulement, côté que le Créateur amène en face de la Terre par une demi-révolution subite. La théorie qui veut qu'elles soient venues tout à coup, et avec une vitesse plus grande que celle de la lumière, de régions assez éloignées pour qu'elles y fussent invisibles, n'est plus aujourd'hui défendue par personne.

Le 12 mai dernier, une étoile de seconde grandeur s'enflamma tout à coup dans la constellation de la Couronne boréale. Grâce à l'amabilité de celui qui découvrit le premier ce phénomène, M. Birmingham de Tuam, je pus, conjointement avec M. le docteur Miller, examiner le spectre de cette étoile dès le 15 mai, alors qu'elle n'était pas descendue au-dessous de la troisième grandeur. Il est juste de rappeler que M. Barker, de Londres,

Canada W., qui annonça dans le *Canadian Free Press* qu'il avait observé une nouvelle étoile dans la Couronne le 14 mai, affirme en outre dans une lettre adressée à M. Hind qu'il avait vu cette étoile dès le 4 mai, qu'elle avait été de plus en plus brillante jusqu'au 10, et qu'à partir de ce jour son éclat avait diminué.

Le spectre de cette étoile (*fig.* 7) se montre composé de deux spectres superposés. Le premier est formé de quatre raies brillantes; le second est analogue aux spectres du Soleil et des étoiles. Cette fois, les deux spectres représentent deux sources

Fig. 7.



Spectre de l'étoile variable τ de la Couronne.

distinctes de lumière. Chacun de ces spectres résulte de la décomposition d'un faisceau lumineux, indépendant de la lumière qui donne naissance à l'autre spectre.

Le spectre continu sillonné de groupes de raies sombres signale la présence d'une photosphère de matière incandescente presque certainement solide ou liquide, entourée d'une atmosphère de vapeurs plus froides qui font naître par absorption le groupe des raies sombres. Jusqu'ici, la constitution de cet astre est analogue à celle du Soleil et des étoiles; mais il offre un spectre additionnel formé de raies brillantes. Il y a donc là une seconde source de lumière spéciale, et cette source, en raison du caractère du spectre qu'elle fournit, doit être un *gaz lumineux*. En outre, les deux principales raies brillantes de ce spectre nous apprennent que l'un de ces gaz lumineux est l'*hydrogène*. Enfin le grand éclat de ces raies prouve encore que le gaz lumineux est plus chaud que la photosphère. Ces faits, rapprochés de la soudaineté de l'explosion de lumière dans l'étoile,

de sa diminution d'éclat immédiate et si rapide, de sa chute en douze jours de la seconde à la huitième grandeur, nous conduisent à émettre comme une spéculation, que *l'astre s'est trouvé subitement enveloppé des flammes de l'hydrogène en combustion.* Il pourrait se faire qu'il ait été le siége de quelque grande convulsion avec dégagement énorme de gaz mis en liberté. Une grande portion de ces gaz était de l'hydrogène qui brûlait à la surface de la planète, en se combinant avec quelque autre élément. Ce gaz enflammé émettait la lumière caractérisée par le spectre des raies brillantes. Le spectre de l'autre portion de la lumière stellaire pouvait indiquer que cette terrible déflagration gazeuse avait surchauffé et rendu plus vivement incandescente la matière solide de la photosphère. Lorsque l'hydrogène libre eut été épuisé, la flamme s'abattit graduellement, la photosphère devint moins lumineuse et l'étoile revint à son premier état.

Nous ne devons pas oublier que la lumière, messager cependant si rapide, exige un certain temps pour arriver de l'étoile à nous. Cette grande convulsion physique, nouvelle pour nous, était donc déjà un événement passé relativement à l'étoile elle-même. Elle est depuis des années déjà dans les conditions nouvelles que lui a faites cette violente catastrophe! (*Voyez* Note H.)

NÉBULEUSES.

Je passe maintenant à des objets d'un autre ordre. Pour l'œil armé d'une lunette de puissance même médiocre, un grand nombre d'amas et de nébulosités légèrement lumineuses se détachent du fond sombre du firmament, et forment contraste avec les images brillantes, mais semblables à des points, des *étoiles* ordinaires. On reconnaît aisément pour quelques-uns de ces amas qu'ils sont formés d'étoiles très-petites, serrées les unes contre les autres. Mais plusieurs aussi de ces étranges objets restent

non résolubles en étoiles, même avec les télescopes les plus puissants, et ressemblent à des nuées faiblement lumineuses, à des bouffées de brume phosphorescente. Pendant les cent cinquante dernières années, les astronomes ont eu sans cesse présente à l'esprit cette importante question : quelle est la véritable nature de ces amas si ténus qui rappellent les masses cométaires? L'intérêt attaché à cette question a beaucoup grandi depuis que sir William Herschel a exprimé la pensée que ces amas sont des portions de la matière première ou primitive qui a servi à la formation des étoiles actuellement existantes, et qu'en les étudiant nous étudions en même temps quelques-unes des phases par lesquelles les soleils et les planètes ont passé, dans leur développement ou leur transition, de l'état initial de nuages lumineux à l'état actuel.

Le télescope n'a pas réussi à nous donner les informations dont nous manquions sur la nature des nébuleuses. Il est vrai qu'à mesure que l'ouverture des objectifs a grandi, on a résolu en étoiles un plus grand nombre de ces astres; mais en même temps des nébulosités plus fines sont entrées dans le champ de la vision, et l'on a vu apparaître ces formes fantastiques, ces agrégats de lumière diffuse que l'esprit se refuse à concevoir comme résultant de l'éclat réuni de soleils innombrables situés à des distances de plus en plus inaccessibles. L'analyse spectrale, en supposant qu'elle fût applicable à des objets si excessivement faibles, devenait évidemment une méthode d'investigation très-propre à faire reconnaître si les nébuleuses se séparent des étoiles par quelque caractère physique.

J'avais choisi pour premier essai, en août 1864, un des astres de la classe des nébuleuses très-petites, mais relativement brillantes (*fig.* 8). Ma surprise fut grande, lorsqu'en regardant à travers la petite lunette de l'appareil spectral je reconnus que son spectre n'avait plus cette apparence de bande lumineuse colorée qu'une étoile aurait fait naître; et qu'au lieu de la bande

continue on n'apercevait plus que trois raies brillantes isolées.

Fig. 8.

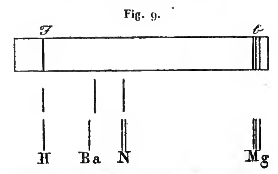


Spectre de la nébuleuse 37 H.IV du Dragon.

Cette observation suffisait à résoudre le problème depuis si longtemps agité, du moins pour cette nébuleuse particulière ; et pour prouver qu'elle était non un *amas d'étoiles* distinctes, mais une *nébuleuse véritable*. Un spectre de cette nature, autant du moins que les données acquises permettent de l'affirmer, ne peut être produit que par la lumière émanée d'une matière à l'*état de gaz*. Par conséquent, la lumière de cette nébuleuse n'émanait pas d'une matière solide ou liquide incandescente, comme la lumière du Soleil et des étoiles, mais d'un gaz *lumineux*.

Il était important de reconnaître, si cela devenait possible, par la position de ces raies brillantes, la nature chimique du gaz ou des gaz dont ces nébuleuses sont formées. Les mesures prises au micromètre de la plus brillante d'entre elles montrent qu'elle occupe dans le spectre une position très-voisine des raies

Fig. 9.



Spectre de la nébuleuse 37 H. IV comparé avec le spectre solaire et avec les spectres de l'azote, de l'hydrogène et du baryum.

les plus brillantes du spectre de l'azote (*fig.* 9). L'expérience se

fit en comparant directement le spectre de l'azote avec les raies brillantes de la nébuleuse. Je trouvai que la plus vive des raies *coïncidait* avec la plus intense du groupe des raies caractéristiques du nitrogène ou azote. Il se peut, par conséquent, que la présence de cette raie demeurée seule signale une forme de matière plus élémentaire que l'azote, que nos analyses ne nous ont pas encore appris à découvrir. (*Voyez* Note I.)

On trouva de la même manière que la plus faible des raies coïncidait avec la raie verte de l'hydrogène.

La raie moyenne du groupe des trois lignes qui forment le spectre de la nébuleuse n'a son identique dans aucune des raies intenses des spectres des trente éléments terrestres pris pour comparaison. Elle s'éloigne peu de la raie du baryum, mais ne coïncide pas avec elle. Outre ces raies brillantes, on voyait un spectre continu excessivement faible. Ce spectre n'avait pas de largeur apparente et devait, par conséquent, provenir d'une lumière diffuse et faible qui semblait correspondre au centre de la nébuleuse. Elle a donc un noyau très-petit mais plus brillant que le reste de sa masse. L'observation nous apprend à peu près certainement que la matière du noyau n'est pas à l'état de gaz, comme celle de la nébulosité qui l'entoure. Elle consiste en une matière opaque qui peut exister à l'état de brouillard incandescent, formé de particules solides ou liquides.

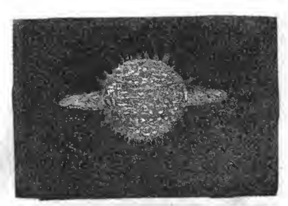
Le résultat nouveau et inattendu auquel venait de conduire l'examen prismatique de cette nébuleuse indiquait suffisamment combien il y aurait d'intérêt à examiner le plus grand nombre possible de ces astres si remarquables. Toutes les nébuleuses ont-elles des spectres semblables? Il était surtout important de s'assurer si les nébuleuses, que le télescope a certainement résolues en un amas très-serré de points brillants, fourniraient des spectres indiquant la gazéité.

L'examen par le prisme de ces objets célestes est extrêmement difficile, en raison de leur faible lueur. En outre, c'est seule-

ment par des nuits très-claires, et quand la Lune est absente du ciel, que leur lumière peut être vue étalée en spectre. Cependant, dans ces deux dernières années, j'ai examiné les spectres de plus de soixante nébuleuses ou amas stellaires. On peut les diviser en deux groupes. Le premier comprend les nébuleuses qui donnent un spectre semblable à celui que nous venons de décrire, ou du moins un spectre comprenant une ou deux des trois raies brillantes en question. Des soixante astres examinés, un tiers environ appartenait à la classe des corps gazeux. La lumière des quarante astres restants, nébuleuses ou amas stellaires, est étalée par le prisme en un spectre *en apparence continu*. (*Voyez* Note K.)

Je vais faire projeter sur l'écran quelques-uns des spectres les plus remarquables des nébuleuses *qui sont gazeuses dans leur constitution*. Cette première photographie est la reproduction

Fig. 10.



Nébuleuse I.II,IV.

du dessin (*fig.* 10) fait par lord Rosse d'une petite nébuleuse du Verseau (I. H. IV). Nous avons affaire ici à un système

gazeux qui rappelle à l'observateur Saturne et ses anneaux. L'anneau est vu par sa tranche. Les trois raies brillantes constituent le spectre dans lequel la lumière de cet astre est résolue par le prisme.

Dans cette autre nébuleuse (*fig.* 11) nous retrouvons une


Fig. 11.


Nébuleuse 73 H.IV analogue à 45 H IV

structure au fond très-analogue. Par suite de la position différente de la nébuleuse, son anneau ne se montre plus par la tranche, mais à plat ; le spectre consiste en trois raies brillantes.

La disposition des filets de lumière dans l'astre actuellement projeté sur l'écran (*fig.* 12) dénote un arrangement en spirale. Cette nébuleuse est remarquable en ce qu'elle est la seule qui ait

fourni une quatrième raie brillante, en sus des trois raies ordinaires.

Fig. 12.



Nébuleuse 18 II.IV.

Mais la plus digne d'attention, et probablement la plus rappro-

Fig. 13.



Nébuleuse annulaire de la Lyre.

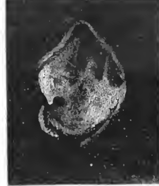
chée de notre système des nébuleuses en forme d'anneau, est la

nébuleuse annulaire, bien connue, de la Lyre (*fig.* 13). Son spectre n'a qu'une raie brillante. Lorsque la fente de l'instrument croise la nébuleuse, cette raie apparaît formée de deux traits plus brillants correspondant aux sections faites dans l'anneau. Ces deux traits sont unis par un trait beaucoup plus délié qui montre que la portion centrale, et très-faible, de la nébuleuse a la même constitution.

Une nébuleuse (*fig.* 14) remarquable par sa grande étendue et sa forme particulière est celle connue sous le nom de *Battant*

Fig. 14.





Nébuleuse Dumb-Bell, Battant de cloche.

de cloche (*Dumb-Bell Nebula*). Son spectre n'a aussi qu'une seule raie. L'examen prismatique de sa lumière dans ses différentes régions montre que sa constitution est partout la même.

La plus vaste, peut-être, de toutes les nébuleuses connues, est l'astre en forme de nuée que l'on découvre dans la poignée de l'épée d'Orion (*fig.* 15). Il est aussi gazeux. Son spectre est formé de trois raies brillantes. Lord Rosse m'informe que la ma-

tière bleu-verdâtre de cette nébuleuse n'a pas été résolue en étoiles par son télescope; sur quelques points, cependant, il a vu un grand nombre de très-petites étoiles rouges, lesquelles,

Fig. 15.



Nébuleuse d'Orion.

quoique en apparence noyées dans la matière non résoluble de la nébuleuse, sont cependant, sans aucun doute, étrangères à elle. Ces étoiles sont trop fines pour fournir un spectre visible.

Tous les *vrais amas stellaires* (*Clusters, Cloyères*) qui ont été résolus par le télescope en points brillants distincts donnent un spectre qui n'est plus formé de raies brillantes séparées, mais qui est *en apparence* continu dans sa lumière. Il est beaucoup de nébuleuses qui donnent le même spectre. Je prends comme exemple de ce groupe la grande nébuleuse d'Andromède, visible à l'œil nu, et que l'on a si souvent prise pour une comète. Son spectre, quoique en apparence continu, présente quelques particularités significatives. La totalité du rouge et une partie de l'orangé manquent. En outre de ce caractère, la portion la plus brillante du spectre présente un aspect inégal et bigarré.

Il est remarquable que l'amas stellaire d'étoiles, dans Hercule, facile à résoudre en étoiles, présente un spectre précisément semblable. Le rapprochement prismatique de cet amas et de la nébuleuse d'Andromède est confirmé par l'observation télescopique. Lord Rosse a découvert, dans cet amas, des bandes ou lignes obscures semblables à celles que l'on voit dans Andromède (*fig.* 16).

Fig. 16.



Nébuleuse d'Andromède.

En regard de ces observations, il y avait un grand intérêt à reconnaître si cette vague classification des nébuleuses et des amas stellaires, établie par le prisme, correspondrait aux indications de *résolubilité* fournies par le télescope. Trouverait-on que toutes les nébuleuses *non résolues* sont *gazeuses*, et que celles qui donnent un spectre *continu* sont des *amas d'étoiles?*

Lord Oxmantown a revu toutes les observations de nébuleuses ou amas de ma liste, qui ont été faites avec le grand télescope à miroir de son illustre père, le comte de Rosse. Les résultats

de cet examen comparatif sont donnés par le tableau suivant :

	Spectre continu.	Spectre discontinu.
Amas stellaires.............	10	0
Résolus, ou résolus? (1)......	5	0
Résolubles, ou résolubles?...	10	6
Bleu ou vert, non résolubles?	0	4
Pas de résolubilité entrevue...	6	5
	31	15
Non observés par lord Rosse..	10	4
Total..........	41	19

Si l'on tient compte de la grande difficulté d'une bonne observation télescopique de ces objets célestes, l'accord entre les résultats des observations prismatiques et télescopiques peut être regardé comme remarquable et significatif.

La moitié des nébuleuses qui donnent un spectre continu ont été résolues en étoiles, et un autre tiers est très-probablement résoluble, tandis que, des nébuleuses gazeuses, pas une n'a été vue résolue d'une manière certaine par lord Rosse.

La question qui se présente actuellement est celle-ci : Quelles autres conséquences sommes-nous en droit de tirer des faits nouveaux qui nous ont été fournis par le prisme? L'existence des nébuleuses gazeuses entraîne-t-elle nécessairement la réalité de la matière nébuleuse primitive exigée par les théories d'Herschel et de Laplace?

En outre, si nous ne devons pas accepter l'opinion qui veut que ces nébuleuses soient des portions de la matière primitive élémentaire qui a servi à former le Soleil et les planètes, quel est le rang ou la relation cosmique qu'il faudra leur assigner? Comme jalon pouvant conduire à la solution future de ces

(1) Les points d'interrogation indiquent une classification restée douteuse.

grands problèmes, je rappellerai en peu de mots les résultats de quelques autres observations.

COMÈTES.

Il est dans les cieux des astres qui, occasionnellement et sous certaines conditions, ressemblent de très-près à quelques-unes des nébuleuses. Dans certaines positions de leurs orbites, quelques-unes des comètes se montrent sous forme de masses rondes, vaporeuses, qu'on ne peut distinguer des nébuleuses que par leur déplacement dans le ciel. Cette ressemblance, générale et occasionnelle, indique-t-elle une similitude de nature? S'il en est ainsi, si la matière des comètes est semblable à celle des nébuleuses, alors l'étude du merveilleux changement que les comètes subissent dans le voisinage du Soleil pourra nous fournir des données utiles pour une appréciation plus exacte de la structure et des conditions physiques des nébuleuses. En 1864, M. Donati trouva que le spectre d'une comète apparue cette année-là était formé de trois raies brillantes.

Fig. 17.
Comète I de 1866.





Spectre de la comète — Figure de la comète.

En janvier dernier, une petite comète télescopique se montra dans le ciel.

L'aspect qu'elle avait dans une grande lunette est représenté par le dessin actuellement projeté sur l'écran (voyez *fig.* 17). C'était une masse de vapeurs très-subtiles de forme circulaire. On voyait près du centre un noyau très-petit, plutôt terne que lumineux. Lorsqu'on la regarda avec le spectroscope, on y distingua deux spectres. Le spectre très-fin et continu de la chevelure montrait qu'elle était rendue visible par la lumière réfléchie du Soleil. Vers le milieu de ce spectre si faible on voyait une raie brillante. Cette raie brillante était le spectre du noyau, et indiquait que sa lumière était distincte de celle de la chevelure. Cette même raie brillante annonçait que le noyau de la comète était lumineux par lui-même; en outre, la position de cette raie dans le spectre laissait soupçonner que *la matière de la comète était semblable à la matière qui constitue les nébuleuses gazeuses.* (*Voyez* Note L.)

MESURE DE L'ÉCLAT INTRINSÈQUE DES NÉBULEUSES.

Il me semble que des observations d'un autre genre peuvent nous fournir d'autres informations sur la nature des nébuleuses. Si les changements physiques de grandeur nécessaires à la conversion de ces corps gazeux en soleils sont actuellement en voie de progrès dans les nébuleuses, ce développement devra certainement être accompagné de variations marquées dans l'*intensité* intrinsèque de leur lumière et de leurs dimensions.

Cela posé, puisque le spectroscope nous montre que ces corps sont des masses continues de gaz, il devient possible d'obtenir une mesure approchée de leur *éclat réel.* On sait d'ailleurs qu'aussi longtemps qu'un corps éloigné conserve des dimensions sensibles, son éclat demeure inaltéré. Par une méthode photométrique nouvelle (*voyez* Note M), j'ai trouvé que l'intensité *intrinsèque* de la lumière de trois des nébuleuses gazeuses, en

prenant pour unité la lumière d'une bougie de blanc de baleine brûlant en raison de cent cinquante-huit grains par heure, était :

Nébuleuse n° 4628, $\frac{1}{1508}$ de l'intensité de la bougie;

Nébuleuse annulaire de la Lyre, $\frac{1}{6032}$;

Nébuleuse Battant de cloche, $\frac{1}{19604}$.

Ces nombres expriment non pas seulement l'*éclat apparent*, mais l'*éclat réel* ou absolu de ces masses lumineuses, à l'exception toutefois de la diminution que peut leur faire subir le pouvoir d'extinction dont l'espace cosmique (*voyez* Note N) serait doué, et l'absorption de notre atmosphère. Il est évident que de semblables observations faites à des intervalles considérables de temps pourront montrer si la lumière de ces astres subit soit un accroissement, soit une diminution, ou se trouve assujettie à des variations périodiques. Si la nébuleuse Dumb-Bell, Battant de cloche, dont la faible lumière ne dépasse pas la vingt-millième partie de celle d'une bougie, est, suivant l'opinion reçue, un *soleil en germe*, il est à peine possible de se former une idée du nombre immense de fois dont sa lumière devra croître pour que cet astre, dont la lueur est actuellement plus faible que celle d'une petite bougie, puisse arriver à rivaliser avec la splendeur éblouissante de notre Soleil.

MESURES DES NÉBULEUSES.

Quelques-unes des nébuleuses sont assez nettement définies dans leur contour pour admettre une mesure exacte de leurs dimensions; et par le moyen de plusieurs séries d'observations micrométriques, il deviendra possible de s'assurer si ces dimensions ont subi quelque variation considérable. (*Voyez* Note O.)

4..

BOLIDES.

M. Alexandre Herschel a réussi récemment à soumettre à l'analyse prismatique une autre catégorie de corps célestes. Il a obtenu le spectre d'un bolide brillant, et aussi les spectres des traînées lumineuses que les bolides laissent derrière eux. Un résultat remarquable de ces observations semble être que le sodium est présent à l'état de vapeur lumineuse dans la traînée de plusieurs bolides.

CONCLUSIONS.

En résumé, les données nouvelles fournies par les observations faites avec le prisme peuvent s'énoncer comme il suit :

1. Toutes les étoiles, les plus brillantes du moins, ont une constitution analogue à celle du Soleil.

2. Les étoiles contiennent des matières élémentaires qui leur sont communes avec le Soleil et la Terre.

3. Les couleurs des étoiles ont leur origine dans la constitution chimique des atmosphères qui les entourent.

4. Les changements d'éclat de quelques étoiles variables sont accompagnés de changement dans les raies d'absorption de leur spectre.

5. Les phénomènes présentés par l'étoile de la Couronne semblent indiquer que de grands changements, au moins dans sa constitution physique, ont lieu actuellement pour cet astre

6. Il existe dans le ciel de *véritables nébuleuses :* ces astres sont constitués par un gaz lumineux.

7. La matière des comètes est très-semblable à celle des nébuleuses gazeuses, et peut être identique avec elle.

8. Les points brillants des cloîtres d'étoile ne sont pas dans

tous les cas des étoiles de même ordre que les étoiles brillantes isolées.

On peut se demander quelle théorie cosmique de l'origine et des rapports de ces corps célestes semblent ressortir de ces nouveaux faits. Il serait facile de se livrer sur ce point à des spéculations hasardées; mais il me semble qu'il serait très-peu philosophique de raisonner à perte de vue sur un sujet dont nous savons encore si peu de chose. Notre opinion sur l'ensemble et les détails de l'univers va subissant chaque jour des changements notables : ayons la patience d'attendre de nouveaux faits avec un esprit libre de toute théorie dogmatique, et prêt, par conséquent, à recevoir l'enseignement palpable des faits, quels qu'ils puissent nous être fournis par les observations nouvelles.

Une étoile diffère des autres étoiles en gloire et en clarté; chaque nébuleuse, chaque cloître a sa composition particulière; le Créateur les a tous faits sans aucun doute avec sagesse, pour atteindre un but élevé et digne de sa suprême grandeur!

NOTES.

NOTE A, page 12.

Il y a cinquante ans Fraunhofer découvrit dans les spectres de la Lune, de Vénus, de Mars et de quelques étoiles plusieurs des raies du spectre solaire. Plus récemment, MM. Donati, Janssen, Secchi, Rutherfurd et l'astronome royal M. Airy, ont observé des raies dans les spectres des étoiles.

NOTE A *bis*, page 13.

Les vapeurs et les gaz peuvent posséder la faculté d'*absorption* générale de la lumière, en outre de l'absorption élective qui se manifeste par la production de raies sombres dans le spectre de la lumière qui les a traversées. Il est probable que c'est à la faculté d'absorption générale de l'atmosphère gazeuse autour du Soleil, que doit être attribuée la diminution d'éclat des bords de son disque.

Il semble suivre de la loi des échanges, dont nous devons en grande partie la connaissance aux recherches de M. Balfour Stewart, que si une masse de gaz, opaque ou à peu près à la lumière, devient lumineuse, elle émettra des rayons de toute réfrangibilité, qui s'ajouteront au groupe de rayons colorés individuels propres de la constitution chimique du gaz.

NOTE B, page 17.

Description des lentilles et des prismes de l'appareil employé dans les observations.

La lentille cylindrique est plan-convexe d'environ 1 pouce de diamètre et 14 pouces de longueur focale.

La direction axiale de la surface cylindrique est à angle droit avec la direction de la fente. La distance de la lentille à la fente, au sein du faisceau convergent de l'objectif, est juste ce qui est nécessaire pour donner au spectre la largeur qu'il doit avoir.

La lentille faisant fonction de collimateur est achromatique; son diamètre est de $0^{p},5$, et sa longueur focale de $4^{p},7$. Les proportions sont telles, que la lentille reçoit la totalité de la lumière qui diverge de l'image linéaire de l'étoile, lorsqu'elle est amenée exactement entre les deux bords de la fente.

Les prismes sont de flint lourd; l'angle de réfraction de chacun d'eux est de 60 degrés. Comme les observations se font presque dans la partie centrale et lumineuse du spectre, les prismes sont ajustés à l'angle du minimum de déviation pour la raie D.

L'objectif de la petite lunette astronomique a $0^{p},8$ d'ouverture et $6^{p},75$ de longueur focale. L'oculaire ordinairement employé a un grossissement de 5,7 diamètres.

La vis micrométrique a 50 filets sur chaque longueur de 1 pouce, et chaque révolution est évaluée au centième par des divisions gravées sur la tête. Cette disposition constitue une échelle de 1800 parties dans l'intervalle entre les raies A et H du spectre solaire.

Pour l'observation des nébuleuses et des étoiles trés-fines on a fait usage d'un appareil semblable, mais d'un pouvoir dispersif moindre. Un prisme dont l'angle de réfraction est de 60 degrés convient très-bien pour ces objets très-difficiles.

Les objets qui dans la lunette ont des dimensions sensibles, comme la Lune, les planètes et les nébuleuses, ont été examinés sans la lentille cylindrique.

On s'est servi occasionnellement d'un appareil semblable dans son arrangement général, mais dans lequel le prisme est composé de manière à donner le spectre dans la vision directe. Cet appareil s'est montré moins convenable, car lorsque la lunette est pointée sur des objets dont l'altitude est considérable, c'est un grand soulagement pour l'observateur que de ne pas être condamné à regarder en haut, comme cela est nécessaire avec le prisme à vision directe.

Il va de soi que si l'on n'a pas à faire les comparaisons des raies du spectre stellaire avec celles des éléments chimiques, on peut employer un appareil de forme plus simple. En outre, si l'on n'a pas à examiner les corps célestes qui ont dans le télescope des dimensions sensibles, comme la Lune, les planètes, les nébuleuses et les comètes, on pourra n'employer que le prisme nécessaire à la formation du

spectre de l'étoile, sans fente, et sans lentille faisant fonction de collimateur.

Pour voir le spectre d'une étoile, il n'y a rien de plus à faire que de placer lo prisme derrière l'oculaire ordinaire d'Huyghens, et de donner quelque largeur au spectre en laissant l'image un peu en dehors du foyer. Dans ce cas, un petit prisme composé à vision directe est très-convenable. Le prisme peut être placé au sein du faisceau convergent de l'objectif, immédiatement avant qu'il arrive dans le champ de la lentille de l'oculaire. Le meilleur moyen de donner de la largeur au spectre est celui que nous devons à Fraunhofer, le recours à uno lentille cylindrique. On peut la placer entre le prisme et l'oculaire ou bien entre l'oculaire et l'œil. J'ai fait dans diverses occasions l'essai et l'emploi de ces divers arrangements, et de quelques autres dispositions d'attache du prisme à la lunette. Le plus complet et le plus efficace des spectroscopes stellaires est celui qui est représenté par les figures des pages 10 et 11.

NOTE C, page 18.

On a examiné les spectres de quelques régions particulières et très-limitées de la surface de la Lune. L'ouverture de la fente de l'appareil correspondante à un spectre que l'on puisse observer isolément est d'environ $\frac{1}{500}$ de pouce. L'image de la Lune fournie par l'objectif de la lunette a un diamètre de $1^{p},1$. Pratiquement, on trouve que la lumière réfléchie par une aire de la Lune, égale à $\frac{1}{8}$ de celle de Tycho, peut être analysée dans l'instrument. La quantité de lumière émise par les différentes parties de la Lune s'est montrée très-différente; mais il a été impossible de saisir aucun changement dans les raies du spectre, relativement à leur intensité et à leur nombre; il n'y a eu ni addition ni disparition de raies.

NOTE D, page 18.

Lorsqu'on fait l'observation du spectre d'une étoile, un peu avant ou au moment de son occultation par le bord sombre de la Lune, on pourrait espérer de saisir quelques phénomènes caractéristiques du

passage de la lumière de l'étoile à travers une atmosphère. S'il existe une atmosphère lunaire qui puisse, soit par les substances dont elle est formée, soit par les vapeurs qu'elle tient en dissolution, exercer une absorption élective sur la lumière de l'étoile, cette absorption devrait être indiquée par l'apparition dans le spectre de nouvelles raies sombres, immédiatement avant son occultation par la Lune.

Si de la matière finement divisée, aqueuse ou autre, est présente autour de la Lune, les raies rouges de la lumière solaire devraient être un peu moins affaiblies que les raies de réfrangibilité plus élevée.

S'il y a autour de la Lune une atmosphère libre de toute vapeur et sans pouvoir absorbant, mais suffisamment dense, le spectre ne sera pas éteint au même instant sur toute sa longueur. Les rayons violet et bleu subsisteraient après la disparition des rayons rouges.

J'ai observé avec le plus grand soin la disparition du spectre de l'étoile ε des Poissons, lors de son occultation le 4 janvier 1865, dans le but de surveiller ces divers phénomènes, mais je n'ai découvert aucun signe d'atmosphère lunaire.

NOTE E, page 19.

Une occasion favorable d'observer l'effet, sur le spectre solaire, de la transmission de sa lumière à travers une grande épaisseur de l'atmosphère de la Terre, s'est présentée d'elle-même lors d'une éclipse de Lune. La faible hauteur de la Lune au moment de l'éclipse du 1er juin 1865 ne me permit pas d'observer la lumière cendrée couleur de cuivre réfléchie par sa surface. Mais la lumière réfléchie par la Lune pendant l'éclipse partielle du 4 octobre 1865 me donna un spectre dans lequel l'extrémité bleue était singulièrement raccourcie, et les raies atmosphériques dans les environs de la raie D très-fortes.

NOTE F, page 19.

En 1864, M. Janssen, dans une ascension au Faulhorn, observa la diminution graduelle d'intensité des raies atmosphériques du spectre solaire. Il découvrit, la même année, dans le spectre de la lumière d'un feu de joie de bois de sapin, vu d'une distance de 21 kilomètres,

des raies sombres occupant en apparence la même position que les raies atmosphériques.

En août 1856, M. Janssen observa le spectre de seize jets réunis de gaz d'éclairage après leur passage à travers un tube de fonte de 37 mètres de longueur. Lorsque ce tube fut rempli de vapeur d'eau, à la pression de sept atmosphères, il vit apparaître dans le spectre, entre le rouge extrême et la raie D, des groupes de raies sombres, qu'il considère comme dues à l'absorption par la vapeur aqueuse, et qui correspondent aux raies du spectre solaire qu'on voit devenir plus intenses lorsque le Soleil descend de plus en plus vers l'horizon.

NOTE G, page 23.

Éléments comparés avec Aldébaran.

COÏNCIDENTS.	NON COÏNCIDENTS.
1. Hydrogène avec les raies C et F.	Azote, trois raies comparées.
2. Sodium avec la double raie D.	Cobalt, deux raies comparées.
3. Magnésium avec la triple raie B.	Étain, cinq raies comparées.
4. Calcium avec quatre raies.	Plomb, deux raies comparées.
5. Fer avec quatre raies et E.	Cadmium, trois raies comparées.
6. Bismuth avec quatre raies.	Baryum, deux raies comparées.
7. Tellure avec quatre raies.	Lithium, une raie comparée.
8. Antimoine avec trois raies.	
9. Mercure avec quatre raies.	

Éléments comparés avec Béteigeuze.

COÏNCIDENTS.	NON COÏNCIDENTS.
1. Sodium avec la double raie D.	Hydrogène, deux raies comparées.
2. Magnésium avec la triple raie B.	Azote, trois raies comparées.
3. Calcium avec quatre raies.	Étain, cinq raies comparées.
4. Fer avec trois raies et E.	Or?
5. Bismuth avec quatre raies.	Cadmium, trois raies comparées.
6. Thallium?	Argent, deux raies comparées.
7.	Mercure, deux raies comparées.
8.	Baryum, deux raies comparées.
9.	Lithium, une raie comparée.

NOTE H, page 32.

Si nous faisons entrer en ligne de compte le Catalogue chinois de Ma-Tuan-Lin, il en résultera que vingt environ de ces étoiles temporaires ont été observées dans les deux mille dernières années.

La célèbre étoile de 1572, observée par Tycho-Brahé, au moment où elle apparut, surpassait en éclat Sirius, Véga et Jupiter; on ne pouvait lui comparer que Vénus, à sa plus petite distance de la Terre. Elle continua à décroître durant sept mois, jusqu'au moment où elle cessa d'être visible à l'œil nu. Argelander a calculé la position de cette étoile dans le ciel.

Époque 1865 : asc. dr., $4^h 19^m 57^s,7$; décl. nord, $63° 23' 55''$.

L'étoile de Képler à sa première apparition, en 1604, surpassait les étoiles de première grandeur, et aussi Mars, Jupiter et Saturne, mais elle était inférieure à Vénus. Elle diminua d'éclat jusqu'à ce que, quinze mois après, on ne pût plus la découvrir à l'œil nu. Suivant Schönfeld, cette étoile occupait dans le ciel la position suivante :

Époque 1855 : asc. dr., $17^h 21^m 57^s$, avec une variation annuelle de $+ 3^s,586$. Décl. sud, $21° 21',2$, variation annuelle $- 0',055$.

L'étoile qui a brillé dans la Couronne est l'étoile n° 2765 de la zone d'Argelander $+ 26°$; et à l'époque du recensement d'Argelander elle était au-dessous de la neuvième grandeur. Il est très-probable que sir John Herschel a été témoin d'une première émission de lumière de cette étoile.

NOTE I, page 35.

Dans le but de m'assurer si l'absence des autres lignes brillantes de l'azote pouvait s'accorder avec la présence de l'hydrogène, j'ai disposé un appareil dans lequel, en même temps qu'on observait le spectre de l'étincelle d'induction dans un courant d'azote, on pouvait introduire un courant d'hydrogène et régler à volonté la proportion mutuelle des deux gaz. Avec cet appareil, on observa avec le plus grand soin la diminution d'éclat des raies de l'azote, à mesure que la proportion de ce gaz à l'hydrogène allait en diminuant, et leur réaugmentation d'éclat lorsque le courant d'azote devenait plus fort; mais on ne put saisir aucune variation sensible dans l'éclat relatif des raies de l'azote.

NOTE K, page 36.

Nébuleuses dont le spectre est formé d'une, deux ou trois raies brillantes. Quelques-unes ont, en outre, un spectre continu très-délié. Les nombres du tableau se rapportent au Catalogue général de sir John Herschel.

Nº 4373...	37 H.IV.	Nº 4234...	5 Σ.
4390...	6 Σ.	4403...	17 M.
4514...	73 H.IV.	4572...	16 H.IV.
4510..	51 H.IV.	4499...	38 H.VI.
4628...	1 H.IV.	4827...	705 H.II.
4447...	Annulaire N de la Lyre.	4627...	192 H.I.
4964...	18 H.IV.	385...	76 M.
4532...	Battant de cloche.	386...	193 H.I.
1179...	Nébuleuse d'Orion.	2343...	97 M.
2102...	27 H.IV.		

Amas stellaires et nébuleuses dont les spectres sont en apparence continus.

Nº 4294...	92 M.	Nº 4230...	13 M.
4244...	50 H.IV.	4238...	12 M.
116...	Andromède.	4244...	50 H.IV.
117...	32 M.	4256...	10 M.
428...	55 Andromède.	4315...	199 H.II.
826...	2 H.IV.	4357...	11 M.
4670...	15 M.	4437...	11 M.
4678...	18 H.V.	4441...	47 H.I.
105...	151 H.I.	4473...	Auw. 44.
307...	156 H.I.	4885...	56 M.
575...	156 H.I.	4526...	2081 h.
1949...	81 M.	4625...	52 H.I.
1950...	82 M.	4600...	15 H.V.
3572...	51 M.	4760...	207 H.V.
2841...	43 H.V.	4815...	53 H I.
3474...	63 M.	4821...	233 H.II.
3636...	3 M.	4879...	251 H.II.
4058...	215 H.I.	4883...	212 H.I.
4159...	1945 h.		

NOTE L, page 44.

Puisque le spectre de la lumière de la chevelure diffère de celle du spectre formé par la lumière émanée du noyau, il est évident que le noyau n'est pas la source de la lumière qui nous rend la chevelure visible. Il ne semble pas probable que la matière, à l'état de ténuité et de diffusion extrêmes dans lequel se présente à nous la substance des comètes dans la chevelure et dans la queue, puisse retenir le degré de chaleur nécessaire à l'incandescence des matières solides et liquides. La chevelure et la queue, par conséquent, doivent réfléchir de la lumière venue du dehors; or la seule source de lumière étrangère qui puisse l'éclairer est le Soleil. Cette conclusion est d'accord avec les résultats des observations de polarisation de la lumière des queues de quelques comètes.

Nous apprenons par l'observation que les chevelures et les queues des comètes sont formées de matière issue du noyau. L'ordre ordinaire des phénomènes qui accompagnent la formation d'une queue semble être celui-ci. De la matière est projetée d'intervalle en intervalle par le noyau dans la direction du Soleil. Cette matière ne se dispose pas tout aussitôt en queue, elle forme ordinairement en avant du noyau un nuage lumineux intense, au sein duquel, pendant un certain temps, la matière du noyau continue à pénétrer sous forme de courant. On voit naître de cette manière une succession d'enveloppes, dont la matière plus tard se dissipe dans une direction opposée au Soleil et finit par former la queue. On voit habituellement entre ces enveloppes des espaces de couleur plus sombre.

Si la matière du noyau est ainsi capable de former par condensation une masse comparable à un nuage (quoique nécessairement d'une ténuité et d'une diffusion extrêmes), il doit exister un état intermédiaire dans lequel la matière cesse d'être lumineuse par elle-même, tout en retenant l'état gazeux, et continuant de réfléchir un peu de lumière. Une semblable condition de matière cométaire non lumineuse et transparente est peut-être représentée par quelques-uns au moins des espaces sombres qui, dans certaines comètes, séparent du noyau, et les unes des autres, les enveloppes de forme nuageuse.

NOTE M, page 44.

Les observations photométriques ont été faites de la manière suivante. Une bougie placée derrière un écran de verre à faces parallèles de teinte neutre, et qui réduit l'intensité de sa lumière dans le rapport de 1 à 377, était placée sur le toit d'une maison à 440 mètres de distance de l'observatoire. Par le moyen de diaphragmes placés en avant de l'objectif de la lunette et d'épaisseurs graduées de verres de teinte neutre dressés devant l'œil, on comparait la lumière des nébuleuses avec celle de la bougie. Les observations ont été faites plusieurs nuits de suite; les nombres de la table ne peuvent évidemment être acceptés que comme approchés.

NOTE N, page 45.

En 1744, Chézeaux fut conduit, par des spéculations théoriques, à admettre que la lumière s'éteignait peu à peu dans son passage à travers l'espace. Par un raisonnement semblable, Olbers, en 1823, admit que la lumière d'une étoile perd $\frac{1}{800}$ de son intensité en traversant un espace égal à la distance qui sépare Sirius du Soleil.

Struve l'ancien, comme conclusion de la discussion de l'inventaire de la voie lactée fait par sir W. Herschel, admit qu'une étoile de sixième grandeur perd $\frac{1}{100}$, une étoile de neuvième grandeur $\frac{30}{100}$, et la plus petite des étoiles visibles dans le télescope de sir W. Herschel $\frac{88}{100}$ de son intensité primitive (*Études d'Astronomie stellaire*).

La base fondamentale du raisonnement qui conduisit Struve à ces données était que la distance des étoiles à notre système est en raison inverse de leur éclat. Depuis cependant qu'on a découvert que les étoiles auxquelles l'observation assigne la plus grande parallaxe, la 81ᵉ du Cygne et α du Centaure, sont moins brillantes que d'autres étoiles qui n'ont pas de parallaxe, ou qui ont une parallaxe beaucoup plus petite (sans tenir compte de ce qu'on peut regarder comme un cas exceptionnel, la grande inégalité de grandeur de quelques groupes binaires), cette hypothèse, que l'éclat apparent

des étoiles dépend uniquement de leur distance, a été trouvée fausse dans les cas où elle a été comparée à l'observation.

Nous n'avons actuellement aucune connaissance de la perte que la lumière des nébuleuses peut subir dans son passage à travers l'espace et à travers l'atmosphère.

Nous avons cependant des raisons de supposer que la lumière des nébuleuses gazeuses subit avant d'arriver à l'œil une perte plus petite que la lumière de l'étoile de même degré d'éclat et située à la même distance. Une nébuleuse de cet ordre émet une lumière d'un, deux ou trois degrés de réfrangibilité, situés vers le milieu du spectre visible. La lumière stellaire comprend toutes les couleurs du spectre.

Les observations du spectre solaire, lorsque le Soleil est près de l'horizon, montrent que l'absorption plus grande que la lumière subit par l'étendue plus grande de l'atmosphère à travers laquelle elle passe, a lieu, pour la plus grande partie, sous forme de groupes de raies dans la portion du spectre depuis le rouge extrême jusqu'un peu au delà de la raie D de Fraunhofer; et il est certain que la lumière vert-bleuâtre des nébuleuses gazeuses ne sera pas modifiée par cette forme d'absorption atmosphérique.

Outre l'absorption élective, due probablement, au moins en partie, à la vapeur aqueuse, l'atmosphère semble exercer sur la lumière une absorption de caractère plus général. Notre observation de la lumière réfléchie par la Lune, lors de l'éclipse du 4 octobre 1865, page 16, réunie à d'autres phénomènes, prouve que la lumière de la portion moyenne du spectre, comme celle des nébuleuses gazeuses, est moins puissamment absorbée que les couleurs bleue et violette du spectre.

Nous devons par conséquent admettre, relativement à cette portion de la perte totale possible subie par la lumière des corps célestes et *qui a pour cause notre atmosphère,* que la lumière, monochromatique ou à peu près, des nébuleuses gazeuses est moins diminuée ou affaiblie que la lumière d'une étoile.

NOTE O, page 43.

Parmi les nébuleuses planétaires qui donnent un spectre gazeux, il en est plusieurs qui dans les lunettes de puissance moyenne présen-

tent des disques assez bien définis pour qu'on puisse en prendre des mesures micrométriques; et il y aura grand intérêt à comparer les mesures prises actuellement avec celles que l'on prendra dans l'avenir avec des lunettes de même puissance.

Il y a quelques mois, j'invitai le R. W. R. Dawes à prendre les mesures des diamètres de quelques-uns de ces objets. Sa mauvaise santé, malheureusement, ne lui a permis de mesurer qu'une seule nébuleuse, n° 4234, 5 Σ; il m'écrit à ce sujet : « Cette nébuleuse est aussi brillante, quoique très-imparfaitement définie, que plusieurs noyaux de comètes. La Lune était près de l'horizon; et cependant je trouvai que je saisissais mieux ses véritables limites avec de forts qu'avec de faibles grossissements. Elle semblait quelquefois s'évanouir vers les bords, et être comme entourée d'une sorte de halo rond, qui toutefois n'est pas distinctement séparé du centre plus lumineux. J'ai obtenu quatre mesures du diamètre parallèle à l'équateur; le diamètre équatorial est le plus grand, quoique la forme de la nébuleuse soit plutôt elliptique. »

Moyenne de trois forts grossissements : diamètre = 15″,9.

Mesures de cette nébuleuse prises par d'autres observateurs :

1833... ...	Diamètre...	= 8″	(sir John Herschel).
1856 mars..	Diamètre...	= 9	(d'Arrest).
1856 juin. .	Diamètre...	= 8	(d'Arrest).
1864 août..	Diamètre...	= 9,6	(Schultz).

En novembre et décembre 1865, j'ai mesuré avec le plus grand soin la nébuleuse gazeuse 73 H. IV (*voyez* p. 37). J'ai employé un micromètre à fil éclairé sur un fond obscur. La moyenne des résultats a donné pour son diamètre en asc. dr. 30″,8.

Mesures antérieures de cette même nébuleuse :

1833...	Diamètre en asc. dr...	45″,5	(sir J. Herschel).
1864...	Diamètre en asc. dr....	0′,4	(Schultz).

FIN.


BIBLIOTECA